
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
Academic Session 2010/2011

November 2010

EME 451/3 – Computational Fluid Dynamics
Pengkomputeran Dinamik Bendalir

Duration : 2 hours
Masa : 2 jam

INSTRUCTIONS TO CANDIDATE:
ARAHAN KEPADA CALON:

Please check that this paper contains **FIVE (5)** printed pages and **FOUR (4)** questions before you begin the examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **LIMA (5)** mukasurat bercetak dan **EMPAT (4)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan.*

Answer **ALL** questions.
*Jawab **SEMUA** soalan.*

You may answer all questions in **English** OR **Bahasa Malaysia** OR a combination of both.
*Calon boleh menjawab semua soalan dalam **Bahasa Malaysia** ATAU **Bahasa Inggeris** ATAU kombinasi kedua-duanya.*

Answer to each question must begin from a new page.
Jawapan untuk setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.
Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.

- Q1. List down all types of errors in CFD and explain the details on each of them. Also, please relate which errors are primarily associated with a hyperbolic, parabolic and elliptic type of PDE.**

Tuliskan semua jenis ralat dalam CFD dan terangkan setiap satu. Tentukan jenis ralat yang paling berkait-rapat dengan PDE hiperbola, parabola dan elip.

(25 marks/markah)

- Q2. Compressible inviscid fluids can be modeled using the traffic equation. The behavior of vehicles traveling in a traffic mimics the behavior of fluids in the sense that when there is an open road (space), vehicles (fluids) will accelerate (expand). Suddenly, when the traffic is heavy (dense), the vehicles (fluids) will slow down (compress). When a fast moving traffic sees a bottle-neck, it will have to stop immediately, similar to fluids going through a shockwave.**

Persamaan trafik boleh digunakan sebagai model kepada bendalir mampat. Perjalanan kenderaan-kenderaan di lebuh raya adalah serupa dengan pergerakan bendalir. Contohnya, apabila jalan raya di hadapan kosong, sesebuah kenderaan akan bergerak lebih laju dan apabila terdapat banyak kenderaan di hadapannya, ia akan mengurangkan kelajuan. Jika tiba-tiba kenderaan di hadapan berhenti, ia terpaksa berhenti secara mengejut. Tingkah laku kenderaan menyamai kelakuan bendalir apabila melalui pengembangan, mampatan dan juga mampatan mendadak.

The following scalar equation models the traffic flow in 1D.

Persamaan berikut merupakan model trafik dalam 1D.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

where
di mana

$$\frac{v}{v_{max}} = 1 - \frac{\rho^2}{\rho_{max}^2} \quad (2)$$

where a quadratic velocity-density equation is used instead of the linear case.

di mana persamaan kuadratik kelajuan-ketumpatan digunakan di sebalik kes lurus.

- [a] Determine the characteristic speed a and re-write Eqn. (1) in a nonlinear advection form.**

Tentukan kelajuan ciri a dan tulis semula persamaan (1) dalam persamaan adveksi yang tidak lurus.

(3 marks/markah)

- [b] In a stationary queue problem (shockwave modeling), the initial conditions are the following.**

Dalam masalah baris-gilir pegun (model mampatan mendadak), berikut adalah keadaan asal kenderaan.

$$\rho(x, 0) = \begin{cases} \frac{\rho_{max}}{4} & x \leq 0, \\ \rho_{max} & x > 0. \end{cases} \quad (3)$$

Determine the characteristics of problem and sketch them on the $x-t$ diagram. Also determine the shock speed S .

Tentukan dan lakarkan ciri masalah di atas dalam rajah $x-t$ dan tentukan kelajuan kejutan S .

(7 marks/markah)

- [c] In a red-light problem (expansion wave modeling), the initial conditions are the following.**

Dalam masalah lampu-merah (model pengembangan gelombang), berikut adalah keadaan asal.

$$\rho(x, 0) = \begin{cases} \rho_{max} & x \leq 0, \\ 0 & x > 0. \end{cases} \quad (4)$$

Determine the characteristics of problem and sketch them on the $x-t$ diagram. Also determine the greatest volume flow of the vehicles and its location on the $x-t$ diagram.

Tentukan dan lakarkan ciri masalah di atas dalam rajah $x-t$ dan tentukan kadar aliran isipadu maksimum untuk kenderaan.

(7 marks/markah)

- [d] Suppose you are to compute the traffic equation above that incorporates all the possibilities involving shockwave, compression and expansion waves using a finite volume (FV) method. Write down the overall numerical scheme and determine how to evaluate the numerical fluxes at the cell interface. You can either use the exact solver or Roe-solver.**

Hint : Recall that the interface fluxes can be determined using a diagram that uses the left and right characteristics as input.

Sekiranya anda dikehendaki untuk menyelesaikan persamaan trafik di atas yang mengambil kira kesemua keadaan yang melibatkan gelombang kejutan, gelombang mampatan dan gelombang pengembangan dengan menggunakan kaedah FV. Tuliskan skim berangka dan tentukan bagaimana untuk mendapatkan nilai fluks di antara dua sel berhubung. Anda boleh menggunakan kaedah tepat ataupun kaedah-Roe.

Maklumat tambahan: Ingat semula bahawa nilai fluks di antara dua sel berhubung boleh ditentukan dengan menggunakan rajah yang melibatkan ciri kiri dan kanan sebagai masukan.

(8 marks/markah)

- Q3. [a] Figure Q3[a] shows 2 computational domains that are ready for grid generation process. Write down 3 simple steps in generating fully structured grids inside the domain. Then draw the grids in your answer script.**

Rajah S3[a] menunjukkan 2 domain pengiraan yang sedia untuk melalui proses penjanaan grid. Tuliskan 3 langkah mudah dalam menjanakan grid berstruktur secara keseluruhannya di dalam domain ini. Kemudian, lukiskan grid tersebut di dalam kertas jawapan anda.

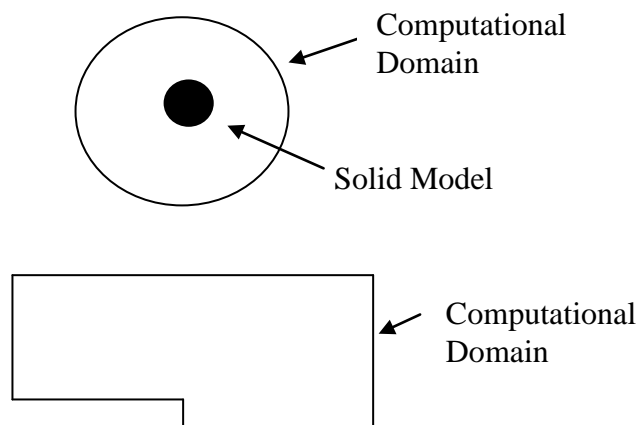


Figure Q3[a]
Rajah S3[a]

(18 marks/markah)

- [b] Derive an equation for mass conservation using information given in Figure Q3[b].**

Terbitkan satu persamaan pengabadian jisim dengan menggunakan informasi yang diberikan dalam Rajah S3[b].

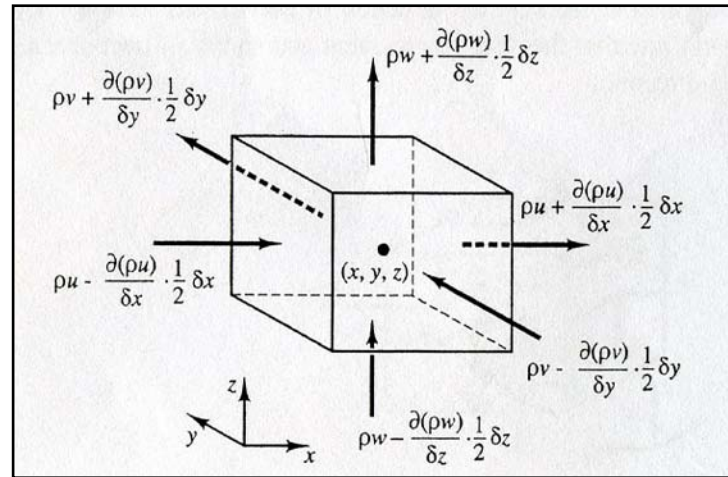


Figure Q3[b]
Rajah S3[b]

(7 marks/markah)

- Q4. [a] A flow around an airfoil of 1 m chord length with zero angle of attack has a free stream velocity of 1 m/s. Determine what type of viscous model needed to model this flow.**

Aliran di keliling kerajang udara dengan panjang kord 1m dan sudut serangan sifar mempunyai kelajuan arus bebas sebanyak 1 m/s. Carikan apakah jenis model likat yang perlu digunakan untuk memodelkan aliran ini.

(5 marks/markah)

- [b] Describe the difference between RANS, LES, and DNS.**

Terangkan perbezaan di antara RANS, LES, dan DNS.

(5 marks/markah)

- [c] List down 3 aims of turbulent flow control and 3 methods to achieve those aims.**

Senaraikan 3 matlamat utama kawalan aliran gelora dan 3 kaedah untuk mencapai matlamat tersebut.

(9 marks/markah)

- [d] Describe the effects of Reynolds number on a flow passes around a 2D cylinder.**

Terangkan kesan nombor Reynolds ke atas aliran yang melalui sebuah silinder 2D.

(6 marks/markah)